



Cama Profunda como sistema alternativo en producción porcina

Ing. Agr. M Sc. Claudio L. Faner

Prof. Titular Cátedra de Producción Porcina, Universidad Católica de Córdoba

Introducción:

En un escenario de precios, como el que se presenta actualmente en nuestro país, técnicos y productores deben buscar alternativas que tiendan a disminuir los costos operativos como así también los de inversión.

Los valores de inversión en instalaciones, variarán en función del sistema de que se trate. Aquellos totalmente confinados, si bien aprovechan en forma eficiente la relación que existe entre los Kg. producidos por unidad de superficie, son por sus características, los de mayores costos iniciales, además del fuerte impacto ambiental que producen.

Por otro lado, los sistemas a campo, si bien presentan un costo reducido de sus instalaciones, la producción de carne por unidad de superficie, no se ve tan favorable. Más aún, si consideramos la posibilidad del uso alternativo de la tierra y el costo de la misma, nos hace pensar de qué manera, podemos reducir la superficie, sin que se modifiquen las ventajas para el cerdo y el ambiente de los sistemas al aire libre.

El uso de tapices vegetales de resistencia al pastoreo continuo de los cerdos, tal como algunas pasturas utilizadas con éxito en sistemas de cría bovina, puede ser una alternativa para sistemas de campo, con el objetivo de aumentar la “carga animal”, siempre considerando las condiciones agro ecológicas del lugar.

Existe hoy algo de experiencia en nuestro país, y bastante en el extranjero (China, Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea), sobre un sistema con características particulares, con ventajas y desventaja respecto de los sistemas confinados y de campo. Este es el sistema de “cama profunda” en castellano o “deep bedding” en los países de habla inglesa. Los detalles del sistema, serán analizados en el presente trabajo, de acuerdo a las experiencias recogidas y el material disponible.

Cama Profunda en recría-terminación

Antes de entrar en detalles sobre la cama profunda, deberíamos observar lo que en realidad se contrapone con el concepto de cantidad de animales por grupo y las clásicas consideraciones sobre comportamiento animal en confinamiento.

En estos sistemas, el número de cerdos por grupo, excede ampliamente lo considerado como óptimo para el establecimiento de las jerarquías dentro del lote. Los valores productivos, como veremos mas adelante, no se ven afectados por esta situación.

Si tuviéramos que dar una definición de cama profunda, se podría decir que, es un sistema innovador de criar y terminar los cerdos en grupos numerosos en un mismo compartimiento, con comederos automáticos y la adición de importantes volúmenes de material voluminoso a modo de cama (rastros de cereales, virutas de madera, etc.)

Hill (2000), define a los sistemas de cama profunda, bajo el concepto de que al cerdo se le permitía manifestar su habilidad natural para seleccionar y modificar su ambiente a través del material de cama. Este mismo autor, define cinco factores que deben ser considerados en comparación de los sistemas confinados sobre slats

- a) **Performance animal:** Un buen diseño y manejo de la cama profunda, no presenta diferencias significativas de producción con respecto al confinamiento.
- b) **Bienestar animal:** Animales en cama profunda han demostrado mejor comportamiento social, lo que nos lleva a pensar en un menor estrés dentro del grupo.
- c) **Ambiente:** El impacto ambiental es menor debido a que los desechos no son líquidos, permitiendo su uso para compostaje o en forma de abono esparcido en el campo.
- d) **Precio de la carne:** En Estados Unidos el precio de la carne proveniente de los “Hoop” (Túneles), tiene un precio superior.
- e) **Inversión inicial:** Las instalaciones para cama profunda requieren de una menor inversión inicial.

Estructura

Reciclado de galpones de pollos parrilleros

Una posibilidad para desarrollar una “cama profunda”, es el uso de galpones para engorde de pollos. Poseen buenas dimensiones, altura de techo apropiada y en caso de construirse para el fin, son de costo relativamente bajo.



Figura 1. Galpón reciclado de pollos (Venezuela)

En los laterales, las cortinas son las indicadas para regular la ventilación tan necesaria durante los meses de verano.

Se debería contemplar la posibilidad de abrir en los extremos del galpón, para permitir el ingreso de algún vehículo para el manejo de la cama y favorecer la circulación de aire.

Túneles o Hoop

En distintos países se están desarrollando este tipo de estructuras de bajo costo y de fácil construcción. En el cordón maicero de los Estados Unidos, son muy populares usándose también como silos, tambos, engorde bovino a corral, depósitos de maquinarias y herramientas y otros usos más. Solamente en el estado de Iowa en el año 1999, se estimó que había cerca de 2000 túneles utilizados como alojamiento de cerdos (Honeyman ,2001).



Fig. 2: Hoop para cría terminación (USA)

El túnel más típico tiene un largo de 22-24 m con un ancho de 9 m. Se pueden construir de distintas medidas, no recomendándose anchos mayores de 12 m. ya que incide negativamente sobre la ventilación del galpón. La superficie asignada por animal en todos los casos debe ser de 1,4 m², siendo para estas medidas una población de aproximadamente 150 cerdos.

El piso es totalmente de tierra, presentando en algunos casos en un extremo, una zona de concreto para la ubicación de los comederos y bebedero.

La armazón estructural está construida con caños de 5 a 7,5 cm de diámetro con paredes de 1.5 -2.5 mm. de espesor, dependiendo del tamaño del túnel a construir. La distancia entre los arcos es variable entre 1,2 y 1,8 m. Completa la estructura, caños transversales de una pulgada de diámetro que mantienen a los arcos principales.

La estructura tubular, se monta sobre postes de madera dura o tratada, que a su vez serán los soportes para una pared del mismo material de 1,2 m de altura. En los extremos del túnel, no se construye pared fija alguna, sino que son estructuralmente desmontables. Los frentes son abiertos, con cortinas para evitar el excesivo enfriamiento durante el invierno y facilitar la ventilación en verano.

El techo es de lona de polietileno resistente a los rayos ultra violeta, fijado a los paneles laterales de madera por medio de cuerdas.

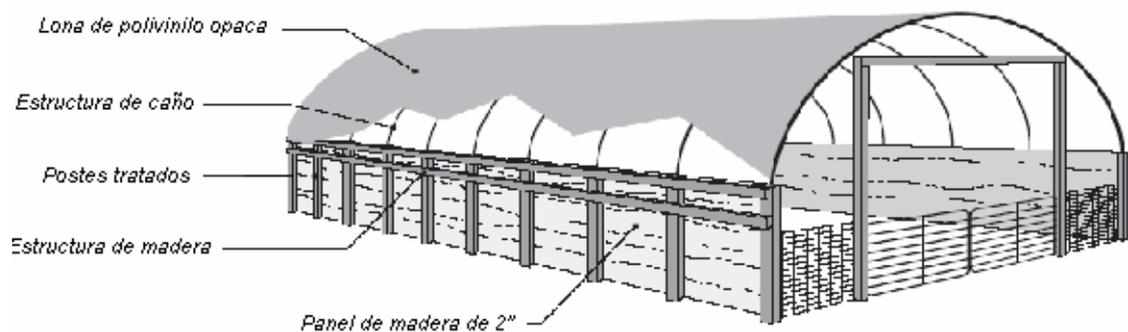


Figura 3: Componentes de un túnel (hoop)

Los comederos son de tipo Danés con tolva o tubulares, seco/húmedo con capacidad para 40-45 animales cada uno. Estos se pueden disponer en forma central sobre una plataforma de cemento de 1,20 m de lado, o sobre una pequeña vereda sobre un costado del galpón. Los diseños americanos, proveen una superficie de concreto en un extremo del galpón (Fig. 3), (Honeyman, 2001).

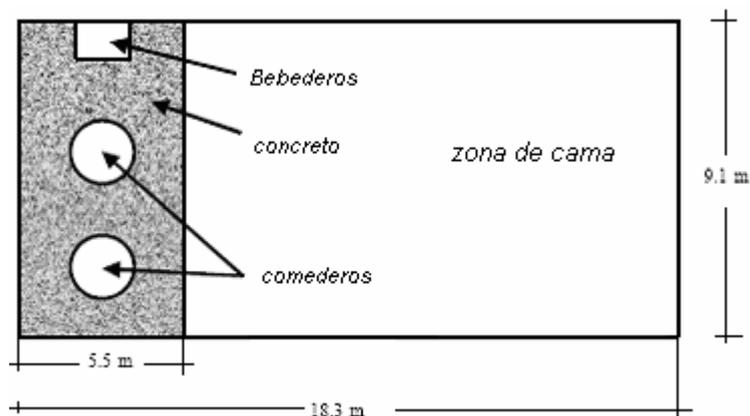


Figura 4: Esquema básico de una Hoop norteamericano.

Cama

La cama es uno de los elementos determinante en este sistema de engorde de cerdos. Pueden utilizarse numerosos materiales y subproductos para la confección de camas. Los más comúnmente usados son los rollos de

paja de trigo, rastrojo de maíz, cáscara de maní, cáscara de arroz, viruta de madera y otros materiales de origen vegetal absorbentes y aislantes.

Previo a la introducción de los animales, se debe incorporar aproximadamente unos 20-25 cm de cama. La incorporación de cama adicional no se hace necesaria hasta la sexta o séptima semana. A partir de allí, se va agregando cama cada 2 o 6 semanas.

Honeyman (2001), observó que para el periodo invernal con 108 días de tratamiento hasta peso de faena, se incorporó al túnel, 100 Kg. de cama de rastrojo de maíz por cerdo. Durante el ciclo de verano que insumió 114 días, se le adicionaron 55 Kg. del mismo material por animal.

Según Brumm (1997), las cantidades de cama por animal, son menores de acuerdo a lo expresado en tabla 1.

Tabla 1 - Distintos tipos de materiales para la cama y las cantidades necesarias por animal y por ciclo (Brumm, 1977)

Material usado	Kg./cerdo
Rastrojo de maíz	45
Paja de cebada	54
Paja de avena	40
Paja de trigo	50
Viruta de pino	56

Con cáscara de arroz se obtiene buenos resultados. La cantidad inicial, no debe ser menor de 35 cm. El rastrojo de soja se descompone más rápidamente; es áspero y punzante. La paja de trigo, la podemos considerar como la de mejor calidad para este uso. La viruta de madera, presenta algo de polvillo, se compacta rápidamente, no es la más recomendable. Una cama en un estado de uso óptimo presentara un 25 % del área húmeda o de defecación, un 15 % de área blanda o de transición y un 60 % de área seca (Dimeglio, 2001)



Fig.5: Cama de cáscara de arroz



Fig. 6: Cama de rastrojo de maíz

El uso de cama en estos sistemas, tiene como principal objetivo, reducir las pérdidas de calor de los animales. Como ventaja adicional, en determinadas zonas de la cama, por efecto de la fermentación existente, se producen verdaderos focos calientes dentro de la instalación.

Honeyman (2001), midió las temperaturas de la cama en seis lugares diferentes y a tres profundidades en un túnel de 18 m de largo. En las zonas de mayor humedad, se encontró que a los 15 cm de profundidad había una temperatura de 40 C°. En ese mismo lugar a los 45 cm de profundidad 20-25 C°. En ambos casos la temperatura ambiente, no alcanzaba los 5 C°. Este aislamiento térmico y calor adicional, modifica la TCI de los cerdos a valores próximos al confort térmico.

Performance Animal

Muchos investigadores se encuentran trabajando sobre los valores productivos de estos sistemas. En la tabla 2, se detallan los resultados de distintos autores, quienes comparan el sistema cama profunda con el confinamiento clásico.

Tabla 2 - Comparación de acuerdo a distintos autores de la performance animal en cama profunda y confinado convencional

Autor	Eficiencia de conversión		Aumento diario (Kg.)		Consumo (Kg.)	
	C. profunda	Conf.	C. profunda	Conf.	C. profunda	Conf.
Brewer (1999) (1)	3,05	2,97	0,785	0,783	2,39	2,32
Larson et al. (2002) (2)	2,71	2,84	0,74	0,69	2,01	1,97
Agroporc (2001) (3)	2,93	2,87	0,769	0,796	2,25	2,28
Wastel et al.(2001) (4)	2,24	2,15	1,31	1,2	2,3	2,2
Honeyman et al. (2001) (5)	3,42	s/d	0,83	s/d	4,15	s/d
Rops (2002) (6)	3,46	3,31	0,784	0,753	2,72	2,49
Honeyman (2002) (7)	2,96	2,86	0,81	0,8	2,4	2,29
Honeyman et al. (2003) (8)	3,3	3,41	0,814	0,801	2,47	2,37

Adaptado por Faner, 2006

(1) Brewer, C. 1999. Iowa State University – Management/Economics. ASL-R1686

(2) Larson, M.E. y Honeyman, M. 2000. Performance of Pigs in Hoop Structures an Confinement during Summer with a Wean-to-Finishing System. Iowa State University. Management/Economics. ASL-R1681.

(3) Agroporc 2001.- Citado por González A.C. – Estrategias en la producción de cerdos para enfrentar los retos del presente y el futuro.. UCV Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela

- (4) Wastell, M.E., Lubischer, P y Penner A. 2001. Deep Bedding - An Alternative System for Raising Pork. American Society of Agricultural Engineers. 17(4):521-526
- (5) Honeyman, M., Harmond, J., Kliebenstein, J y Richard, T. 2001. Feasibility fo hoop structures for market swine en Iowa. Applied Engineering in Agriculture. 17(6):869-874
- (6) Rops, D.B. 2002. South Dakota State University. Citado por González A.C. – Estrategias en la producción de cerdos para enfrentar los retos del presente y el futuro.. UCV Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela
- (7) Honeyman, M. 2002. Three year Summary of Performance of Finishing Pigs in Hoop Structures and Confinement during winter an summer.. Iowa State University. Management/Economics. ASL -R1782
- (8) Honeyman, M. y J. Harmon. 2003. Performance of finishing pigs in hoop structures and confinement during winter and summer. Journal of Animal Science 81:1663–1670

Si consideramos la EC para todos los autores, observamos que para cama profunda asume valores promedios de 2.67 y confinamiento 2,51.

En lo que se refiere a la salud animal, los animales muestran un mejor bienestar animal, con menos estrés, sin canibalismo ni problemas en cascos y articulaciones. Sin embargo, se han reportado algunas enfermedades bajo condiciones de humedad y temperaturas particulares tales como la producida por *Mycobacterium avium* (Morés, 2000).

Según Brumm (1997), la salud animal parece mejorar con respecto a los sistemas en confinamiento. Las muertes son mínimas y la incidencia de respiratorias se vio disminuida. La presencia de parásitos internos, debe ser controlada, ya que el ambiente favorece su presencia.

Cama Profunda en Gestación

Las consideraciones estructurales de los túneles (hoop) desarrolladas para los animales de recría-terminación, son las mismas para gestación con variantes en los sistemas de bebida, alimentación y superficie asignada por animal.

La superficie de cama por cerda, varía entre 2,20 y 2,50 m². Algunos autores, hasta 3,5 m² por cabeza. Los materiales usados son los mismos que para recría-terminación, siendo los volúmenes recomendados los que se detallan en tabla 3:

Los sistemas de alimentación, pueden ser de diversas formas. En todos los casos, se realizan sobre estructuras de concreto incluidas dentro del túnel.

El más económico de todos, parece ser la alimentación sobre piso sin comederos. La cerda se alimenta completamente libre. La desventaja, es que las dominantes seguramente consumirán más que las subordinadas. Otra desventaja es que el personal no observa a la cerda en su consumo individual, y en caso de no contar con distribuidores automáticos sobre la plataforma, seguramente insumirán mayor cantidad de mano de obra.

Otra manera de alimentar a la cerda es con jaulas individuales, preferentemente con cierre posterior. Es sin duda, la mejor opción de alimentar las cerdas gestantes; requieren una superficie individual de 1,20 -1,50 m² por jaula y es la más costosa. Tiene como ventaja que se disminuye por completo

la competencia entre cerdas (mordedura de vulva y otras agresiones). El operario tiene acceso al control, manejo nutricional y sanitario en forma individual de cada hembra.

En ambos casos, los bebederos se encuentran en la zona de alimentación sobre la plataforma de concreto.

Otra opción son los comederos tipo tolva para consumo ad libitum, presentando como desventaja, no permitir el manejo nutricional de la cerda gestante ni la observación de los consumos individuales por parte del operario.

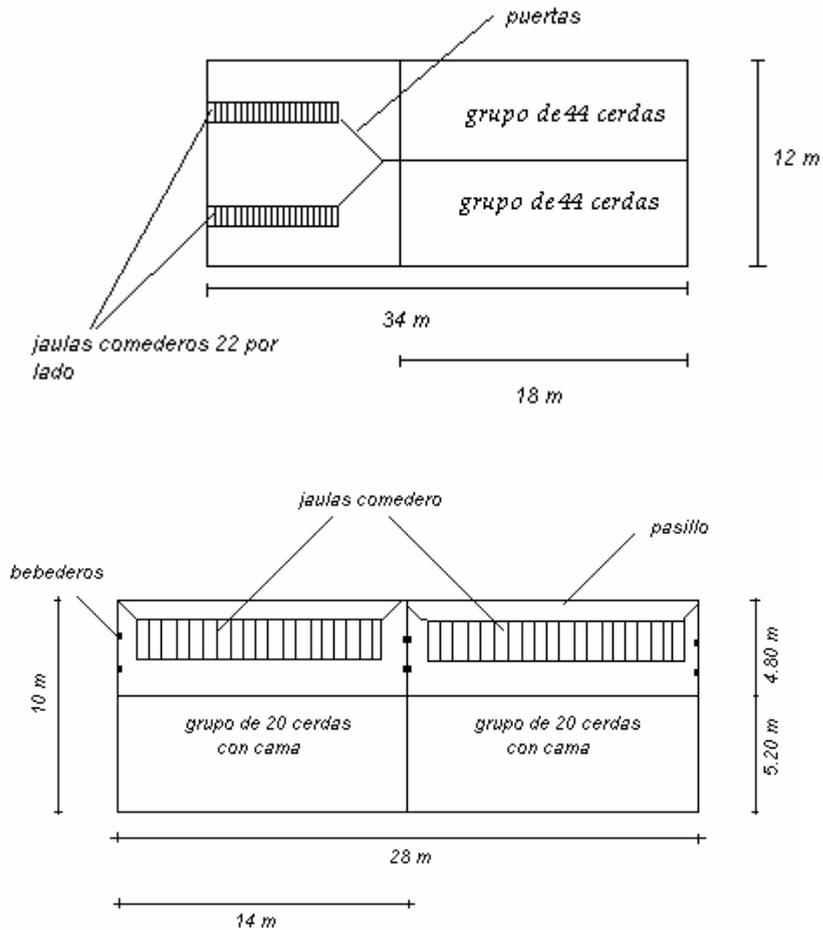


Fig. 7- Esquemas de túneles para gestación con comederos en jaulas



Figura 8: Túneles de gestación y comederos en jaulas

Cama

La cama es la llave del éxito de estos sistemas. Permiten alojar a la cerda gestante en grupos bajo estructuras de menor costo a las tradicionales de confinamiento. Se expresan aquí, comportamientos normales de la cerda, importantes para su bienestar, incluyendo ejercicios, forrajeo, interacciones sociales y fundamentalmente, la propia elección de un lugar para echarse y las áreas de defecación.

Tabla 3 - Distintos tipos de materiales para la cama y las cantidades necesarias por hembra y por turno (Brumm, 1977)

Material usado	Kg./hembra
Rastrojo de maíz	300
Paja de cebada	360
Paja de avena	380
Paja de trigo	450
Viruta de pino	450

Una gestación en cama profunda, adecuadamente manejada, es beneficiosa para la cerda desde el punto de vista de la calidad del aire, aplomos, ejercicios y otras conductas positivas, componentes estos del llamado bienestar animal.

Tabla 4- Performance de hembras gestantes en cama profunda comparadas con confinamiento en jaula.

	Hoop en grupos	Conf. en jaula
Hembras servidas	234	294
Intervalo destete/estro	7,5	9,6
Cerdas servidas al 7 día %	92,5	88,1
Performance al parto		
* Cantidad de partos	193	240
* Lechones nacidos vivos/camada	11,6	10,6
* Nacidos muertos %	8,5	10,8
* Momificados %	2,3	1,7
* Tasa de parición %	88,1	85,4
* Camadas/hembra servida.año	2,3	2,2
* intervalo entre partos	148	158
Performance al destete		
* Cerdos destetados/camada	9,7	9,3
* Mortalidad pre destete %	14,2	13,5
* Edad al destete en días	20,3	19,8
*Cerdos/madre servida.año	22,7	20,7
* Eliminación de cerdas %	5,5	11,1
* Mortalidad en cerdas %	1,1	5,1

Honeyman et al., 2002

En la tabla 4, se tomaron los valores reproductivos durante 19 meses, con tres grupos de 35 cerdas para cada tratamiento. La unidad experimental fue el grupo. El total de camadas estudiadas para cama profunda fue de 193 contra 240 camadas provenientes de hembras que pasaron su gestación confinadas en jaulas. Cuando comparamos los datos, observamos que se inclinan levemente a favor de las cerdas que pasaron su gestación en cama profunda.

- El intervalo destete estro, es unos días menor para cama profunda
- Lechones nacidos vivos, los valores son levemente superiores en cama profunda
- Aún con una mayor cantidad lechones momificados, los nacidos muertos presentan una diferencia a favor de cama profunda.
- Los lechones por hembra servida y año, presenta una diferencia a favor de cama profunda.
- La eliminación y mortandad de hembras, es menor en cama profunda que en jaulas confinada.

Ambiente y Manejo de la hembra y el grupo

En la tabla 5, se comparan los distintos sistemas más usado para llevar a cabo la gestación.. Se puede observar la situación intermedia y moderada del cama profunda en túnel (hoop) cuando lo comparamos con gestaciones a campo y en confinamiento con jaulas.

Se deben tener en cuenta las temperaturas a lo largo del año. Los investigadores americanos, parecen inclinarse a los sistemas de cama profunda, por las bondades que presentan en cuanto a las temperaturas desarrolladas por la fermentación dentro de los túneles a 15 cm. de profundidad. Esto es, considerando situaciones invernales con temperaturas ambientales extremadamente bajas. No hacen referencia comprobada sobre el comportamiento interior en situaciones de elevadas temperaturas exteriores.

Tabla 5 – Comparación de ambientes para distintos sistemas de gestación

Ambiente	Físico		Nutricional	Social	
	Control de confort térmico	Inversión	Manejo de la alimentación	Manejo individual de la cerda	Comportamiento natural de la cerda
Campo con pastura	pobre	muy baja	difícil	difícil	máximo
Cama profunda y comederos en jaulas	bueno	media	moderado	moderado	moderado
Jaulas en confinamiento	muy bueno	alta	fácil	fácil	mínimo

Adaptado de Honeyman et al., 1999

Otra consideración muy importante es la de manejo del grupo. Experiencias de seis años en la Estación Experimental de la Iowa State University, se resumen a continuación:

- La forma más sencilla de manejar las hembras, es que pertenezcan todas al mismo grupo de parición y del mismo número de partos si es posible. Así mismo, dentro del grupo hay hembras mas grandes que tienden a ser la dominantes.
- La alimentación en jaulas es una excelente forma de poder manipular las hembras en forma individual. Aquellas hembras que son agredidas por otras, no lo serán al momento de la alimentación.
- Introducir cachorras de reposición es realmente un desafío. Se recomienda no hacerlo y mantener a las cachorras de primera gestación, separadas del grupo de las adultas. El mejor momento de introducirlas definitivamente al grupo, es luego del destete.
- Se deben manejar las hembras en forma estática (manejo en bandas). El manejo dinámico, con la adición y remoción de animales frecuente, ocasiona un reestablecimiento constante del orden social.
- Los servicios deben planearse cuidadosamente, ya sean que se den dentro del túnel o fuera de él.
- La detección de retornos se realiza con un padrillo dentro de las zonas de cama.
- La presencia de un padrillo viejo dentro del grupo, es aconsejable para que actúe como dominante.
- La instalación requiere limpieza de 2 a 4 veces al año.
- Los bebederos deben drenar hacia la zona exterior del túnel.
- Los comederos electrónicos dan un excelente resultado, pero su costo es muy elevado.

Conclusiones

Los valores productivos de este sistema de cama profunda, cuando los comparamos en forma anual, no presentan mayores diferencias con un sistema de confinamiento clásico. Si este análisis lo hiciéramos por estaciones del año, concluiríamos de que en invierno, los costos variables son mayores para los túneles (mayor inclusión de cama y peor eficiencia de conversión) que en verano (Brewer et al., 1999).

Esta alternativa de producción, tiene algunas ventajas con respecto a los sistemas de confinamiento total, ya que en primer lugar, se entiende que los animales están en una situación de mayor confort por lo que se los considera conducente al bienestar animal. En cuanto al ambiente, problemática creciente en las producciones intensivas, los residuos sólidos (heces más cama) no impactan al medio como los sistemas confinados clásicos (grandes volúmenes de agua con heces). Otra ventaja, es el uso del material proveniente de las camas como abonos orgánicos o materia prima para el compostaje.

Si bien los costos variables pueden ser mayores en una época del año, la inversión inicial es sensiblemente menor que en sistemas de confinamiento, por lo tanto el costo fijo de la amortización de la instalación es también menor.

En cuanto a la gestación sobre cama profunda, los resultados presentados en tabla 4 se los puede considerar preliminares. Se está investigando, con mayor profundidad y en distintos ambientes climáticos. Para poder cuantificar la utilidad del sistema en ésta etapa, sería de interés desarrollar ensayos e investigación en nuestro país, extrapolando los conceptos tecnológicos básicos a nuestra realidad.-

Consideraciones Generales

En términos generales, la toma de decisión para el uso de estos sistemas de cama profunda, debería analizarse a partir de algunas consideraciones previas.

En primer lugar, un conocimiento por parte del productor, de las características del sistema y su comportamiento en nuestras latitudes. Debería preguntarse si realmente está en condiciones de manejar un sistema como el propuesto.

Es importante considerar si la cantidad de animales que se destetan por tanda, justifica el uso de este tipo de instalaciones, ya que el número de animales por túnel, supera holgadamente los 120 (cantidad de madres por tanda).

También, se debe analizar la disponibilidad de material de cama, el destino de la cama de recambio (compostaje o abono directo) y por último, la inversión en maquinaria adecuada para manejar estos importantes volúmenes de desechos.

Bibliografía consultada

Agroporc 2001.- Citado por González A.C. – Estrategias en la producción de cerdos para enfrentar los retos del presente y el futuro.. UCV Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela

Brewer, C. 1999. Iowa State University – Management/Economics. ASL-R1686

Brewer, C. y Kliebenstein, J. 1999. The Economics of Finishing Pigs in Hoop Structure and Confinement: Annual Results. Leopold Center For Sustainable Agriculture and Iowa Pork Producers Association.

Brumm, M., Harmon, J., Honeyman, M. y Kliebenstein, J. 1997. Hoop Structures for Grow-Finishing Swine. Midwest Plan Service. Nebraska State University

Dimeglio, S. 2003. Engorde de Cerdos sobre piso de Cama Profunda. BIOFARMA S.A. Córdoba.

Hill, J. 2000. Deep bed swine finishing. 5º Seminário Internacional de Suinocultura. Expo Center Norte, Sao Paulo, Brasil. 83-88 p.

Honeyman, M., Koenig, F., Harmon, J., Lay, D., Kliebenstein, J., Richard, T. y Brumm, M. 1999. Hoop Structure for Grow-Finishing Swine. AED-41. MidWest Plan Service. Ames. Iowa State University

Honeyman, M., Harmond, J., Kliebenstein, J y Richard, T. 2001. Feasibility for hoop structures for market swine en Iowa. Applied Engineering in Agriculture. 17(6):869-874

Honeyman, M. 2002. Three year Summary of Performance of Finishing Pigs in Hoop Structures and Confinement during winter an summer.. Iowa State University. Management/Economics. ASL-R1782

Honeyman, M., Mabry, J., Johnson, C., Harmon, J. y Hummel, D. 2002. Sow and Litter Performance for Individual Crate an Group Hoop Barn Gestation Housing System: A Progress Report. Iowa State University. Management/Economics. ASL-R1816.

Honeyman, M. 2003. Sow Well-Being in Extensive Gestating Sow Housing: Outdoor and Hoop Barn System. Department of Animal Science Iowa State University.

Honeyman, M. y J. Harmon. 2003. Performance of finishing pigs in hoop structures and confinement during winter and summer. Journal of Animal Science 81:1663–1670

Larson, M.E. y Honeyman, M. 2000. Performance of Pigs in Hoop Structures an Confinement durin Summer with a Wean-to-Finishing System. Iowa State University. Management/Economics. ASL-R1681.

Morés, N. 2000. Produção de suínos em cama sobreposta: Aspectos Sanitarios. 5º Seminario Internacional de Suinocultura. Sao Paulo. Brasil

Rops, D.B. 2002. South Dakota State University. Citado por González A.C. – Estrategias en la producción de cerdos para enfrentar los retos del presente y el futuro.. UCV Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela

Wastell, M.E., Lubischer, P y Penner A. 2001. Deep Bedding - An Alternative System for Raising Pork. American Society of Agricultural Engineers. 17(4):521-526